

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2001-345456

(43)Date of publication of application : 14.12.2001

(51)Int.Cl. H01L 31/02  
H04B 10/28  
H04B 10/26  
H04B 10/14  
H04B 10/04  
H04B 10/06  
H04B 10/02  
H05K 1/18  
H05K 3/46

(21)Application number : 2000-163182

(71)Applicant : MATSUSHITA ELECTRIC IND CO LTD

(22)Date of filing : 31.05.2000

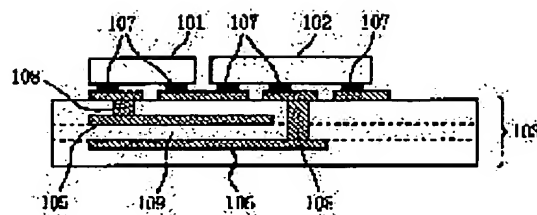
(72)Inventor : IWAKI HIDEKI  
TAGUCHI YUTAKA  
KOBAYASHI MASAKI  
FUJITA SHOICHI

## (54) WIDEBAND OPTICAL RECEIVER

## (57)Abstract:

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To provide a wideband optical receiver which can receive a high quality frequency multiplexed multi-channel FM signal while reducing group delay distortion, can optically transmit an FM signal subjected to collective FM modulation with a multi-channel signal, and can receive a high rate digital optical signal while suppressing waveform distortion.

**SOLUTION:** A light receiving element 101 and a preamplifier 102 are flip-chip mounted on a multilayer substrate 103 incorporating a capacitive element 109 between a bias terminal 105 and a ground terminal 106.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

BEST AVAILABLE COPY

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2001-345456

(P2001-345456A)

(43) 公開日 平成13年12月14日 (2001. 12. 14)

(51) Int.Cl. <sup>7</sup>	識別記号	F I	テ-マ-ト* (参考)
H 0 1 L 31/02		H 0 5 K 1/18	L 5 E 3 3 6
H 0 4 B 10/28		3/46	Q 5 E 3 4 6
10/26		H 0 1 L 31/02	B 5 F 0 8 8
10/14		H 0 4 B 9/00	Y 5 K 0 0 2
10/04			W
審査請求 未請求 請求項の数 9 O L (全 12 頁) 最終頁に続く			

(21) 出願番号 特願2000-163182(P2000-163182)

(22) 出願日 平成12年5月31日 (2000. 5. 31)

(71) 出願人 000005821

松下電器産業株式会社

大阪府門真市大字門真1006番地

(72) 発明者 岩城 秀樹

大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器  
産業株式会社内

(72) 発明者 田口 豊

大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器  
産業株式会社内

(74) 代理人 100098291

弁理士 小笠原 史朗

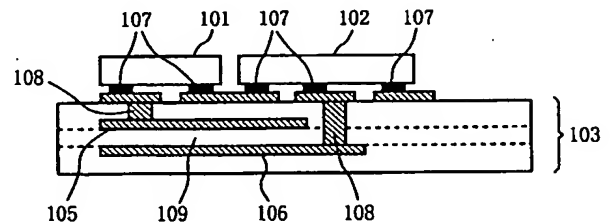
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 広帯域光受信装置

(57) 【要約】 (修正有)

【課題】 群遅延歪みを低減し、良質な周波数多重化された多チャンネルFM信号を受信でき、また、多チャンネル信号で一括FM変調されたFM信号を光伝送することができ、高速デジタル光信号を受信に際しても、波形歪みの少ない広帯域光受信装置を提供する。

【解決手段】 バイアス端子105と接地端子106の間に容量素子109が内蔵された多層基板103上に、受光素子101と前置増幅器102とをフリップチップ実装する。



## 【特許請求の範囲】

【請求項 1】 広帯域光受信装置であって、一端がバイアス電源に接続されており、光入力信号を電気信号に変換する受光素子と、前記受光素子に接続されており、前記電気信号を増幅する増幅素子と、前記受光素子及び前記増幅素子が搭載される多層基板と、前記受光素子のバイアス電源に接続された端子と前記増幅素子の接地用端子との間に接続されており、かつ多層基板に内蔵される容量素子とを備え、前記受光素子と前記増幅器とは前記多層基板上にフリップチップ実装されている、広帯域光受信装置。

【請求項 2】 広帯域光受信装置であって、一端がバイアス電源に接続されており、光入力信号を電気信号に変換する受光素子と、前記受光素子の信号出力用端子に接続されており、接地用端子との間に挿入される抵抗素子と、前記受光素子及び抵抗素子が搭載される多層基板と、前記受光素子のバイアス電源に接続された端子と接地用端子との間に接続されており、多層基板に内蔵される容量素子とを備え、前記受光素子は前記多層基板上にフリップチップ実装されている、広帯域光受信装置。

【請求項 3】 多層基板上にフリップチップ実装される受光素子は、裏面入射型のフォトダイオードである、請求項 1 または 2 記載の広帯域光受信装置。

【請求項 4】 多層基板上にフリップチップ実装される受光素子は、表面入射型のフォトダイオードである、請求項 1 または 2 に記載の広帯域光受信装置。

【請求項 5】 広帯域光受信装置であって、一端がバイアス電源に接続されており、光入力信号を電気信号に変換する受光素子と、前記受光素子に接続されており、前記電気信号を増幅する増幅素子と、前記受光素子及び前記増幅素子がフリップチップ実装される多層基板と、前記受光素子のバイアス電源に接続された端子と前記増幅素子の接地用端子との間に接続されており、多層基板に内蔵される容量素子とを備え、前記多層基板内の前記容量素子を形成する誘電体は、前記多層基板の誘電率よりも大きな材料で構成されている、広帯域光受信装置。

【請求項 6】 広帯域光受信装置であって、一端がバイアス電源に接続されており、光入力信号を電気信号に変換する受光素子と、前記受光素子に接続され前記電気信号を増幅する増幅素子と、前記受光素子及び前記増幅素子がフリップチップ実装される多層基板と、

前記受光素子のバイアス電源に接続された端子と前記増幅素子の接地用端子との間に接続されており、多層基板に内蔵される容量素子とを備え、多層基板内の前記受光素子の直下に容量素子が配置される、広帯域光受信装置。

【請求項 7】 広帯域光受信装置であって、一端がバイアス電源に接続されており、光入力信号を電気信号に変換する受光素子と、前記受光素子の信号出力用端子と接地用端子との間に挿入された抵抗素子と、前記受光素子がフリップチップ実装される多層基板と、前記受光素子のバイアス電源に接続された端子と接地用端子との間に接続されており、多層基板に内蔵される容量素子とを備え、前記抵抗素子は、前記受光素子に内蔵されている、広帯域光受信装置。

【請求項 8】 広帯域光受信装置であって、一端がバイアス電源に接続されており、光入力信号を電気信号に変換する受光素子と、前記受光素子の信号出力用端子と接地用端子との間に挿入される抵抗素子と、前記受光素子がフリップチップ実装により搭載される多層基板と、前記受光素子のバイアス電源に接続された端子と接地用端子との間に接続されており、多層基板に内蔵される容量素子とを備え、前記抵抗素子は、前記多層基板の最表層に一体的に形成されている、広帯域光受信装置。

【請求項 9】 広帯域 FM 変調型光伝送装置であって、入力された多チャンネル FDM 信号で光周波数変調された一括 FM 光信号を生成する光周波数変調部と、所定の波長を有する無変調光を発振して、局部発振光として出力する局部発振部と、前記光周波数変調部からの一括 FM 光信号と、前記局部発振部からの局部発振光とを混合して、光信号を出力する光合波部と、光ヘテロダイン検波により、前記光合波部からの出力光信号に光電変換を行って、前記光周波数変調部からの一括 FM 光信号と、前記局部発振部からの局部発振光との光周波数の差に等しい一括 FM 電気信号を生成する光ヘテロダイン検波部と、前記光ヘテロダイン検波部からの一括 FM 変調電気信号で光強度変調された光信号を、光ファイバに出射する光伝送部とを備え、前記光ヘテロダイン検波部は、一端がバイアス電源に接続されており、前記光合波部からの光信号を一括電気信号に変換する受光素子と、前記受光素子の信号出力用端子と接地用端子との間に挿入される抵抗素子と、前記受光素子及び抵抗素子がフリップチップ実装される

多層基板と、  
前記受光素子のバイアス電源に接続された端子と接地用  
端子との間に接続されており、多層基板に内蔵される容  
量素子とを含む、広帯域FM変調型光伝送装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、低歪特性と広帯域  
特性に優れた広帯域光受信装置及び広帯域FM変調型光  
伝送装置に関し、高周波光信号を受信する広帯域光受信  
装置、及び、周波数多重化された多チャンネル信号を一  
括的にFM変調して光伝送する広帯域のFM変調型光伝  
送装置に関する。

【0002】

【従来の技術】近年、メタリックケーブルや無線などを  
用いる通信に代わって、多量の情報を低損失で送ること  
ができる光ファイバ通信が実現されている。

【0003】上記光ファイバ通信では、光ファイバ上を  
伝送された光信号を受信するために、光受信装置が用い  
られる。光受信装置のフロントエンドには、受光素子お  
よび前置増幅器が配置されている。受光素子は、典型的  
にはフォトダイオード（以下、PDと略記する）からな  
っており、光ファイバからの光信号を受け、これに対応  
する微少な電流を発生する。前置増幅器は、まず、受光  
素子が発生した微少電流を電流－電圧変換する。変換後  
の電圧は、後段に接続されるテレビ受像器などに必要な  
受信感度にまで増幅される。

【0004】近年、以上のような光受信装置の扱う信号  
の周波数帯域は、チャンネル数の増加につれて高周波側  
にのび、現在では1GHzにまで達しようとしている。

【0005】また、信学技報SSE95-141, OC  
S95-98（1996-2）には、周波数多重化され  
た多チャンネルのAM映像信号をFM信号に一括的に変  
換して伝送する方式が提案されている。

【0006】以上のFM変調された多チャンネルの映像  
信号を受信して復調するには、FM変調された多チャ  
ネルの映像信号の伝送帯域が低群遅延偏差で動作する光  
受信装置が必要となる。

【0007】高周波の光信号を電気信号に変換する受光  
素子としては、アパランシェフォトダイオード（以下、  
APDと略記する）が知られており、応用物理63,  
9, p p. 911-914（1994）に記載された素  
子は、10GHz以上の高速応答を確保するため、フリ  
ップチップ実装する素子構造となっている。

【0008】従来の広帯域光受信装置では、上述のAP  
DまたはPIN型のフォトダイオードおよび前置増幅器  
の他に、コンデンサが必要となる。このコンデンサは、  
フォトダイオードの電源端子と前置増幅器の接地端子と  
の間に挿入される。

【0009】ここで、図16は、従来の広帯域光受信装  
置の断面構造を示す図である。図16において、PIN

フォトダイオード等で構成された受光素子101は、高  
速応答を確保するため、回路基板111にフリップチッ  
プ実装されている。

【0010】また、受光素子101のバイアス端子10  
5にはバイアス電源（図示せず）が接続されており、さ  
らに当該バイアス電源からのノイズを除去するためにバ  
イアス端子105と接地端子106との間にコンデンサ  
110が接続されている。

【0011】以上の受光素子101は、光ファイバ10  
4を通じて入力された光信号を電気信号に変換して、前  
置増幅器102に出力する。

【0012】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、従来の  
広帯域光受信装置では、多チャンネル信号の一括FM変  
調された光信号を受信し復調する際に、PDなどの受光  
素子101の接合容量と、それに接続されるコンデンサ  
110及び両者を接続する配線とに含まれる寄生インダ  
クタンスに起因する共振現象によるピーキングが発生す  
る。その結果、群遅延偏差が増大するため、多チャネル  
信号で一括的に変調されたFM信号に至みが発生し、  
多チャンネル信号を良質に復調できないという問題点が  
あった。

【0013】また、従来の広帯域光受信装置高速がデジ  
タル信号を受信する場合にも、多チャンネル信号で一括  
的に変調されたFM信号の波形に歪みが発生し、ビット  
エラーが発生するという問題点があった。

【0014】それゆえに、本発明の第1の目的は、多チ  
ャンネル信号で一括変調されたFM信号に発生しうる、  
群遅延歪みを低減し、良質な周波数多重化された多チャ  
ネルFM信号を受信するようにした優れた広帯域光受  
信装置を提供することである。

【0015】また、本発明の第2の目的は、他チャネル  
信号で一括FM変調されたFM信号を光伝送する広帯  
域のFM変調型光伝送装置を提供することである。

【0016】さらに、本発明の第3の目的は、高速デジ  
タル光信号を受信に際しても、波形歪みの少ない広帯域  
光受信装置を提供することである。

【0017】

【課題を解決するための手段および発明の効果】第1の  
発明は、広帯域光受信装置であって、一端がバイアス電  
源に接続されており、光入力信号を電気信号に変換する  
受光素子と、受光素子に接続されており、電気信号を増  
幅する増幅素子と、受光素子及び増幅素子が搭載される  
多層基板と、受光素子のバイアス電源に接続された端子  
と増幅素子の接地用端子との間に接続されており、かつ  
多層基板に内蔵される容量素子とを備え、受光素子と増  
幅器とは多層基板上にフリップチップ実装されている。

【0018】第2の発明は、広帯域光受信装置であっ  
て、一端がバイアス電源に接続されており、光入力信号  
を電気信号に変換する受光素子と、受光素子の信号出力

用端子に接続されており、接地用端子との間に挿入される抵抗素子と、受光素子及び抵抗素子が搭載される多層基板と、受光素子のバイアス電源に接続された端子と接地用端子との間に接続されており、多層基板に内蔵される容量素子とを備え、受光素子は多層基板上にフリップチップ実装されている。

【0019】第3の発明は第1または第2の発明に従属しており、多層基板上にフリップチップ実装される受光素子は、裏面入射型のフォトダイオードである。

【0020】第4の発明は第1または第2の発明に従属しており、多層基板上にフリップチップ実装される受光素子は、表面入射型のフォトダイオードである。

【0021】第5の発明は、広帯域光受信装置であって、一端がバイアス電源に接続されており、光入力信号を電気信号に変換する受光素子と、受光素子に接続されており、電気信号を増幅する増幅素子と、受光素子及び増幅素子がフリップチップ実装される多層基板と、受光素子のバイアス電源に接続された端子と増幅素子の接地用端子との間に接続されており、多層基板に内蔵される容量素子とを備え、多層基板内の容量素子を形成する誘電体は、多層基板の誘電率よりも大きな材料で構成されている。

【0022】第6の発明は、広帯域光受信装置であって、一端がバイアス電源に接続されており、光入力信号を電気信号に変換する受光素子と、受光素子に接続され電気信号を増幅する増幅素子と、受光素子及び増幅素子がフリップチップ実装される多層基板と、受光素子のバイアス電源に接続された端子と増幅素子の接地用端子との間に接続されており、多層基板に内蔵される容量素子とを備え、多層基板内の受光素子の直下に容量素子が配置される。

【0023】第7の発明は、広帯域光受信装置であって、一端がバイアス電源に接続されており、光入力信号を電気信号に変換する受光素子と、受光素子の信号出力用端子と接地用端子との間に挿入された抵抗素子と、受光素子がフリップチップ実装される多層基板と、受光素子のバイアス電源に接続された端子と接地用端子との間に接続されており、多層基板に内蔵される容量素子とを備え、抵抗素子は、受光素子に内蔵されている。

【0024】第8の発明は、広帯域光受信装置であって、一端がバイアス電源に接続されており、光入力信号を電気信号に変換する受光素子と、受光素子の信号出力用端子と接地用端子との間に挿入される抵抗素子と、受光素子がフリップチップ実装により搭載される多層基板と、受光素子のバイアス電源に接続された端子と接地用端子との間に接続されており、多層基板に内蔵される容量素子とを備え、抵抗素子は、多層基板の最表層に一体的に形成されている。

【0025】以上の第1～第8の発明によれば、容量素子を内蔵した多層基板上に受光素子をフリップチップ実

装することにより、高い周波数まで平坦な群遅延特性を得ることができる光受信装置を実現できる。

【0026】また、第1～第8の発明によれば、デジタル信号を送送する場合に、ビットエラーを低減することができる。さらに、第1～第8の発明によれば、群遅延歪みの低減された一括FM変調された光信号を送送することが可能となる。

【0027】第9の発明は、広帯域FM変調型光伝送装置であって、入力された多チャンネルFDM信号で光周波数変調された一括FM光信号を生成する光周波数変調部と、所定の波長を有する無変調光を発振して、局部発振光として出力する局部発振部と、光周波数変調部からの一括FM光信号と、局部発振部からの局部発振光とを混合して、光信号を出力する光合波部と、光ヘテロダイン検波により、光合波部からの出力光信号に光電変換を行って、光周波数変調部からの一括FM光信号と、局部発振部からの局部発振光との光周波数の差に等しい一括FM電気信号を生成する光ヘテロダイン検波部と、光ヘテロダイン検波部からの一括FM変調電気信号で光強度変調された光信号を、光ファイバに出射する光伝送部とを備え、光ヘテロダイン検波部は、一端がバイアス電源に接続されており、光合波部からの光信号を一括電気信号に変換する受光素子と、受光素子の信号出力用端子と接地用端子との間に挿入される抵抗素子と、受光素子及び抵抗素子がフリップチップ実装される多層基板と、受光素子のバイアス電源に接続された端子と接地用端子との間に接続されており、多層基板に内蔵される容量素子を含む。

【0028】

【発明の実施の形態】（第1の実施形態）図1は、本発明の第1の実施の形態に係る広帯域光受信装置の構成の概略を示す断面図である。図1において、光受信装置は、受光素子101と、前置増幅器102と、多層基板103と、バイアス端子105と、接地端子106と、複数のパンプ107と、複数のピア導体108と、容量素子109とを備える。

【0029】図1に示すように、受光素子101及び前置増幅器102の端子電極と、多層基板103上の電極端子とは、パンプ107を介して、各素子の能動面が基板側に向けた状態のフェイスダウン状態で接続されており、これによって、受光素子101及び前置増幅器102は多層基板103上にフリップチップ実装される。

【0030】また、受光素子101の1つの端子電極は、多層基板103上の電極端子、パンプ107およびピア導体108を介して、バイアス端子105に接続されている。

【0031】前置増幅器102は、典型的には、ガリウム砒素電界効果トランジスタを用いたトランスインピーダンス型のものが用いられる。この前置増幅器102の1つの端子電極は、多層基板103上の電極端子、パンプ

ブ107およびビア導体108を介して、接地端子106に接続される。また、前置増幅器102の他の1つの端子は、2個の bumps 107および多層基板103上の電極端子を介して、受光素子101に接続されている。

【0032】また、多層基板103の内部では、ビア導体108を介してバイアス端子105と接続された第1の電極と、ビア導体108を介して接地端子106と接続された第2の電極とが対向している。このような対向電極対により、容量素子109が形成される。

【0033】図2は、図1に示す光受信装置の回路図である。図2において、光ファイバ104を伝搬して入力される光信号は、受光素子101で光電変換される。この光電変換により、光信号の光強度変化が、受光素子101を流れる電流の変化に変換される。受光素子101で発生した電流は前置増幅器102に入力される。

【0034】容量素子109は、バイアス端子105に接続されたバイパスコンデンサとして機能し、当該バイアス端子105に存在するノイズ成分を除去する。

【0035】容量素子109を多層基板103の内部に形成する方法が、図3に示めされている。図3において、まず、複数枚の絶縁層用グリーンシート112がコンデンサ層114を挟み込む。このグリーンシート112およびコンデンサ層114の所定部分には、予めパンチングにより穴が形成されており、印刷によりビア導体108で当該穴が埋められる。さらに、ホウケイ酸ガラスとアルミナの混合物とからなるコンデンサ層114の両側の所定部分にスクリーン印刷にてコンデンサ用電極113が形成され、その両側から表層に電極パターンが印刷され、ビア導体108が形成された絶縁層用グリーンシート112を積層し焼成することでコンデンサ層114の両側からコンデンサ用電極113で挟んだ対向電極により、容量素子109を内部に形成した多層基板が得られる。

【0036】フリップチップ実装法としては例えば、次のような方法で行われる。図1において、受光素子101及び前置増幅器102の端子電極の上にワイヤボンディング法又はめっき法によってAuなどからなる突起電極を形成し、次に、この突起電極をフレック状のAg粒子が分散された導電性接着剤を介して多層基板103の電極端子に接続する。このとき、突起電極に導電性接着剤を転写した後、多層基板103の電極端子に導電性接着剤が当接するように位置あわせを行い、導電性接着剤を硬化させることにより、受光素子101及び前置増幅器102と多層基板103との電気的接続が実現されている。さらに、接続を補強するために、受光素子101及び前置増幅器102と多層基板103で形成される空間を液状の樹脂組成物で封止し硬化させる。この場合、樹脂組成物はエポキシ系の樹脂とシリカなどのフィラーを含み、フィラーは樹脂組成物内に均一に分散されている。

【0037】図2において、光ファイバ104からの光信号と、受光素子101との結合は裏面入射型のフォトダイオードを用い、素子の裏面から光信号を受光素子に入射する構成が用いられる。また、光ファイバ104を多層基板上に形成された溝に固定して、光信号と受光素子との結合を行う場合には、表面入射プレーナ型のフォトダイオードを用いて、素子の表面から光信号を受光素子に入射する構成が用いられる。

【0038】このような構成にしたことにより、実装に起因する寄生容量及び寄生インダクタンスによる共振ピークを抑制し、伝送帯域における平坦な群遅延特性を得ることができることから、高周波の光信号を歪みの少ない電気信号に変換することができる。

【0039】また、第1の実施形態において、図4の回路図に示すように、前置増幅器102と受光素子101との間の信号線と、接地端子106との間に抵抗素子123を接続し、容量素子109として、バイアス端子105と接地端子106間に多層基板内に内蔵されたものをを用いた構成にすることで、前置増幅器102の素子内部の配線に起因する寄生インダクタンスを低減することができる。さらに広帯域に平坦な群遅延特性を得ることができる。

【0040】特に、図5の回路図に示したように、受光素子101のバイアス端子105側の接地端子106との間に容量素子109を設け、抵抗素子123が出力端子131と接地端子106間に設けられているような光受信装置の構成する場合、その断面の模式図として図6に示したように、容量素子109を内蔵した多層基板103上に受光素子101をフリップチップ実装し、出力端子131と接地端子106との間に抵抗素子123を接続した構成を用いた光受信装置とすることで、受光素子101を内蔵した光受信装置の外部に前置増幅器を接続し、両者を離れた位置に実装しても高い周波数まで平坦な群遅延特性を得ることができる光受信装置を実現できる。

【0041】例えば、第1の実施形態において、接合容量が0.17 pFのInGaAs層をi層とするPINフォトダイオードに内蔵容量が100 pFの容量素子を形成したセラミック多層基板に、負荷抵抗50 Ωを接続した場合、16 GHzまで平坦な群遅延特性を得ることができる。

【0042】図7は、横軸に周波数、縦軸に群遅延偏差をとった場合における、群遅延偏差の周波数特性を示すグラフである。図7において、曲線aは、図1に示す光受信装置の特性を示しており、曲線bは、従来の光受信装置の特性を示している。図7(a)および同図(b)から明らかなように、第1の実施形態に係る光受信装置では、従来の構成に比べて、寄生容量及び寄生インダクタンスによる共振ピークが抑制され、伝送帯域において平坦な群遅延特性が得られている。

【0043】（第2の実施形態）図8は、本発明の第2の実施の形態に係る広帯域光受信装置の構成の概略を示す断面図である。図8の光受信装置は、図1のそれと比較すると、以下の点で相違する。

【0044】つまり、図1の光受信装置においては、多層基板103内の容量素子109を形成する対向電極で挟まれたコンデンサ層の材料と、多層基板103の絶縁層とが同一材料で形成されていた。それに対し、図8の光受信装置では、多層基板103の絶縁層の誘電率よりも高誘電率の材料でコンデンサ層が形成されている。

【0045】以上の相違点の除いて、図8の光受信装置と、図1のそれとの構成は互いに同様である。そのため、図8において、図1の構成に相当するものには同一の参照符号を付し、その説明を省略する。

【0046】上記相違点をより具体的に説明すると、多層基板103の内部にはビア導体108を介してバイアス端子105と接地端子106とに接続された対向電極による容量素子109が形成されている。対向電極により挟まれた誘電体層115は、その両側に形成されている絶縁層116の誘電率よりも高誘電率の材料で形成される。そのような誘電体層115としては鉛ペロブスカイト化合物もしくはチタン酸バリウム化合物を主成分とする誘電体グリーンシートを用い、誘電体グリーンシートの両側からホウケイ酸ガラスとアルミナの混合物によりなる絶縁層用グリーンシートを積層し焼成することで得られる。

【0047】以上のように容量素子109を構成することにより、多層基板103内に配置される対向電極の面積を小さくすることができるため、つまり当該容量素子109を小さく形成できるため、寄生インダクタンスを減少させることができる。これによって、図8の光受信装置は、より高い周波数まで平坦な群遅延特性を得ることができる。

【0048】（第3の実施形態）図9は、本発明の第3の実施の形態に係る広帯域光受信装置の構成の概略を示す断面図である。図9の光受信装置は、図8のそれと比較すると、以下の点で相違する。

【0049】つまり、図8の光受信装置では、多層基板103内のコンデンサ層が絶縁層の誘電率よりも高誘電率の材料でシート状に形成されていた。それに対し、図9の光受信装置では、容量素子109を形成する部分にのみ、絶縁層の誘電率よりも高誘電率の材料で形成される。

【0050】以上の相違点の除いて、図9の光受信装置と、図8のそれとの構成は互いに同様である。そのため、図9において、図8の構成に相当するものには同一の参照符号を付し、その説明を省略する。

【0051】上記相違点をより具体的に説明すると、多層基板103の内部には、ビア導体108を介してバイアス端子105に接続された電極と、ビア導体108を

介して接地端子106に接続された電極とが対向するように配置され、これによって対向電極による容量素子109が形成されている。容量素子109を形成する対向電極の間にのみ絶縁層116の誘電率よりも高誘電率の材料が充填される。

【0052】このような容量素子109を形成する方法としては、図10(a)に示すように、セラミック成分がホウケイ酸ガラスとアルミナの混合物によりなる絶縁層用グリーンシート112の所定部分に、Agを主成分とするコンデンサ用電極ペーストを印刷し乾燥させ、その後、所定部分に鉛ペロブスカイト化合物もしくはチタン酸バリウム化合物を主成分とするコンデンサ層用ペーストを印刷し乾燥させる。さらに、コンデンサ用電極ペーストを印刷、乾燥させてコンデンサ用電極113を備えたコンデンサ層114を構成する。

【0053】その後、図10(b)に示すように、コンデンサ層114と表層に電極パターンが印刷され、ビア導体108が形成された絶縁層用グリーンシート112を熱圧着して積層した後、約450℃の空气中で十分に有機成分を除去し、900℃の空气中で焼成を行う。これによって、図9のような容量素子109が多層基板103の内部に形成される。

【0054】以上から明らかなように、図9の光受信装置では、容量素子109の近傍のみに高誘電率の材料を使用し、それ以外の部分に高誘電率材料を使用しない。その結果、多層基板103上及びその内部において他の信号線および電源線の間等で起こるクロストーク等に起因するノイズの影響を低減することができる。

【0055】（第4の実施形態）図11は、本発明の第4の実施の形態に係る広帯域光受信装置の構成の概略を示す断面図である。図11の光受信装置は、図1のそれと比較すると、受光素子101が受光素子122に代わる点と、それに伴って接地端子の接続点とが相違する。両光受信装置の間にはそれ以外に相違点はないので、図11において、図1の構成に相当するものには同一の参照符号を付し、その説明を省略する。

【0056】受光素子122は、図12に示すように、光電変換機能に加えて、抵抗素子の機能を内蔵している。図12において、受光素子122は、典型的には裏面入射メサ型のフォトダイオードを含んでおり、当該フォトダイオードのp電極117は、外部接続p端子120を経由して抵抗体119の一方端と接続される。そして、抵抗体119の他方端は、接地端子106と接続される。

【0057】以上の抵抗体119を内蔵した受光素子122の端子電極、及び前置増幅器102の端子電極を設けた所定の位置と、多層基板103上の電極端子とは、図11に示すように、パンプ107を介してフリップチップ実装される。

【0058】受光素子122内に形成される抵抗体11



9には、典型的にはNiCr合金やタンタルなどが用いられる。さらに、抵抗体119は、スパッタリング法などを用いて薄膜状に形成される。例えば、その比が8:2のNiとCrの合金を50nm厚さの薄膜状に形成し、配線の幅対長さの比が1対2となるように形成することにより、抵抗値が約40Ωの抵抗体119を形成することができる。さらに、抵抗体119の抵抗値は、レーザー加工によるトリミングで精密に調整することができる。

【0059】以上のように、多層基板103上に、抵抗体119を内蔵した受光素子122をフリップチップ実装することにより、受光素子122と、その出力信号を増幅する前置増幅器102との距離を0.5mm以上に離した状態で接続しても、光受信装置は、高い周波数まで平坦な群遅延特性を得ることができる。これによって、受光素子122と前置増幅器102とを、より自由に配置することができる。

【0060】なお、以上の実施形態では、受光素子122は、メサ型のフォトダイオードを含むとして説明したが、プレーナ型のフォトダイオードを用いて、受光素子122を構成しても、上述と同様の効果が得られる。

【0061】(第5の実施形態)図13は、本発明の第5の実施形態に係る光受信装置の構成の概略を示す断面図である。図13は、図1のそれと比較すると、前置増幅器102およびそれに必要となるバンプ107が、抵抗素子123に代わる点で相違する。両光受信装置の間にはそれ以外に相違点はないので、図13において、図1の構成に相当するものには同一の参照符号を付し、その説明を省略する。

【0062】抵抗素子123は、多層基板103の最表層に一体的に形成されている。抵抗素子123の一方端は、バンプ107を介して、受光素子101の他方の端子と接続されている。また、抵抗素子123の他方端は、ビア導体108を介して接地端子106と接続されている。

【0063】次に、図13の光受信装置の製造工程について、図14を参照して説明する。図14(a)において、所定部分に電極パターンが形成された複数枚の絶縁層用グリーンシート112でコンデンサ層114を挟み込む等して、多層基板103を形成する。この図14(a)を参照して工程は、第1の実施形態と同様である。

【0064】次に、図14(b)に示すように、上記多層基板103上に、RuO<sub>2</sub>系またはLaB<sub>6</sub>系等のサーメット材料が印刷され焼成される。これによって、抵抗素子123が多層基板103の最表層に一体的に形成される。

【0065】次に、受光素子101の端子電極を設けた所定の位置と、多層基板103上の電極端子は、バンプ107を介してフリップチップ実装され、これによっ

て、図13に示すような光受信装置が完成する。

【0066】以上のような光受信装置により、抵抗素子123と容量素子109との物理的な位置関係は、最短でビアホール1個分(つまり、1枚のグリーンシート112分の厚さ)程度の距離となる。このように、抵抗素子123と容量素子109とを近接した位置で接続することにより、寄生インダクタンスによる影響を低減することができ、より高い周波数まで平坦な群遅延特性を得ることができる光受信装置を実現できる。

10 【0067】(第6の実施形態)図15は、本発明の第6の実施形態に係る広帯域FM変調型光伝送装置の構成を示すブロック図である。図15において、光伝送装置は、FM変調装置201と、光送信部202と、光ファイバ203とを備えている。

【0068】また、FM変調装置201は、光周波数変調部204と、局部発振部205と、光合波部206と、光ヘテロダイン検波部207とを備えている。

20 【0069】次に、上記のように構成される光伝送装置の動作について説明する。まず、FM変調装置201の光周波数変調部204には、外部で生成された多チャンネルFDM信号が入力される。光周波数変調部204は、多チャンネルFDM信号で駆動される半導体レーザを有する。半導体レーザの発振波長は、多チャンネルFDM信号に応じて変化する。つまり、半導体レーザでは、多チャンネルFDM信号で光周波数変調された一括FM光信号が生成され、光合波部206に出力される。

【0070】局部発振部205は、予め定められた波長を有する無変調光を発振し、局部発振光として光合波部206に出力する。

30 【0071】光合波部206は、局部発振部203からの局部発振光と、光周波数変調部204からの一括FM光信号とを混合する。光ヘテロダイン検波部206は、光合波部206からの出力光信号に光電変換を行って、光周波数変調部202からの一括FM光信号と、局部発振部203からの局部発振光との光周波数の差に等しい一括FM電気信号を生成する。

【0072】この一括FM変調電気信号は、光送信部202により光強度変調され、光ファイバ203を介して伝送される。

40 【0073】ここで、光ヘテロダイン検波部206は、上述から明らかなように、光信号を電気信号に変換する機能を有しており、この光電変換は、例えば、図6に示すような光受信装置により実現される。

【0074】図6を参照すれば明らかなように、多層基板103の内部には容量素子109が内蔵されており、当該多層基板103上に受光素子101がフリップチップ実装されている。これによって、一括FM電気信号の伝送帯域内において、群遅延偏差を平坦化することができ、当該一括FM電気信号は群遅延偏差の小さい状態で伝送され、発生する群遅延歪みが低減されて、良質な多



チャンネルFDM信号を伝送することができる。

【0075】なお、第6の実施形態では、光ヘテロダイン検波部207の光電変換を図6に示す構成の光受信装置で実現するとして説明したが、第1～第5の実施形態で説明したいずれかの光受信装置で当該光電変換を実現してもよい。

【0076】以上説明したように、本実施形態の広帯域光受信装置および広帯域FM変調型光伝送装置によれば、群遅延偏差を信号伝送帯域において、平坦化することができ、群遅延歪みを低減して、アナログ高周波光信号やデジタル高周波光信号を低歪みで電気信号に変換することができるため、良質な周波数多重化された多チャンネルFDM信号を受信することができる。

【0077】また、本実施形態の広帯域光受信装置および広帯域FM変調型光伝送装置によるデジタル信号を伝送する場合には、ビットエラーを低減することができる。さらに、本実施形態の広帯域光受信装置および広帯域FM変調型光伝送装置によれば、群遅延歪みの低減された一括FM変調された光信号を伝送することが可能となる。

【0078】以上の第1～第6の実施形態では、受光素子101として、裏面入射型のフォトダイオードの裏面から光信号を入射する構成について説明したが、表面入射プレーナ型のフォトダイオードを用いてフリップチップ実装した構成において、基板側から光信号を入射する構成を用いても同様の効果が得られる。

#### 【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の第1の実施の形態に係る広帯域光受信装置の構成の概略を示す断面図である。

【図2】図1に示す光受信装置の回路図である。

【図3】容量素子109を多層基板103の内部に形成する方法を説明するための図である。

【図4】第1の実施形態に係る広帯域光受信装置の他の第1の構成例を示す回路図である。

【図5】第1の実施形態に係る広帯域光受信装置の他の第2の構成例を示す回路図である。

【図6】図5に示す広帯域光受信装置の構成の概略を示す断面図である。

【図7】第1の実施形態に係る広帯域光受信装置における群遅延偏差の周波数特性を示すグラフである。

【図8】本発明の第2の実施の形態に係る広帯域光受信装置の構成の概略を示す断面図である。

【図9】本発明の第3の実施の形態に係る広帯域光受信装置の構成の概略を示す断面図である。

【図10】容量素子109を形成する方法を説明するための図である。

【図11】本発明の第4の実施の形態に係る広帯域光受信装置の構成の概略を示す断面図である。

【図12】図11に示す受光素子122の詳細な構成を示す断面図である。

【図13】本発明の第5の実施形態に係る広帯域光受信装置の構成の概略を示す断面図である。

【図14】図13の光受信装置の製造工程を説明するための図である。

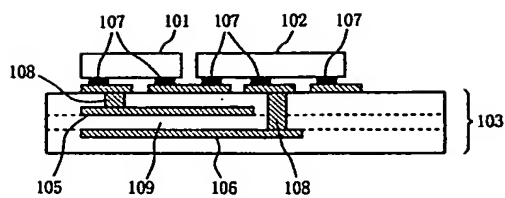
【図15】本発明の第6の実施形態に係る広帯域FM変調型光伝送装置の構成を示すブロック図である。

【図16】従来の広帯域光受信装置の断面構造を示す図である。

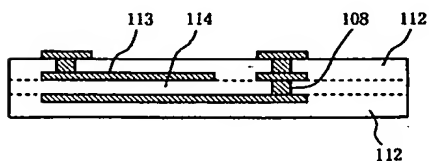
#### 【符号の説明】

- 101 受光素子
- 102 前置増幅器
- 103 多層基板
- 104 光ファイバ
- 105 バイアス端子
- 106 接地端子
- 107 パンプ
- 108 ピア導体
- 109 容量素子
- 112 グリーンシート
- 113 コンデンサ用電極
- 114 コンデンサ層
- 115 誘電体層
- 116 絶縁層
- 123 抵抗素子
- 131 出力端子
- 122 受光素子
- 117 p電極
- 118 引き出し電極
- 119 抵抗体
- 120 外部接続p端子
- 123 抵抗素子
- 201 FM変調装置
- 202 光伝送部
- 203 光ファイバ
- 204 光周波数変調部
- 205 局部発振部
- 206 光合波部
- 207 光ヘテロダイン検波部

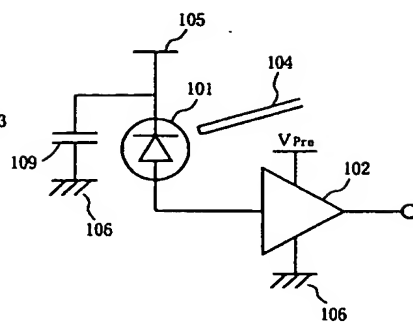
【図 1】



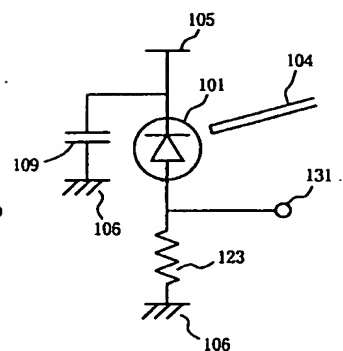
【図 3】



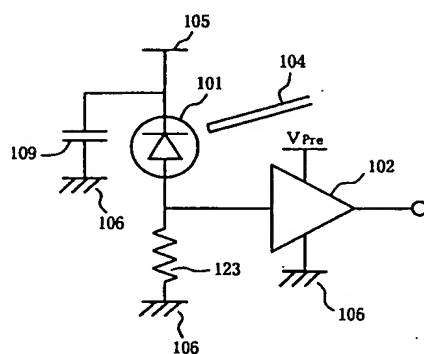
【図 2】



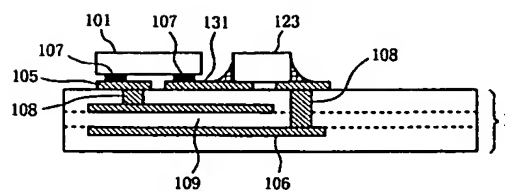
【図 5】



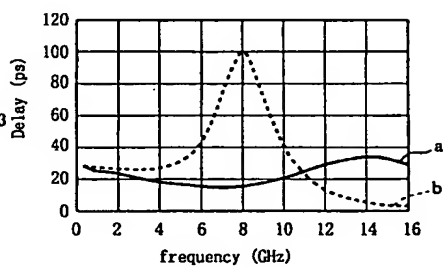
【図 4】



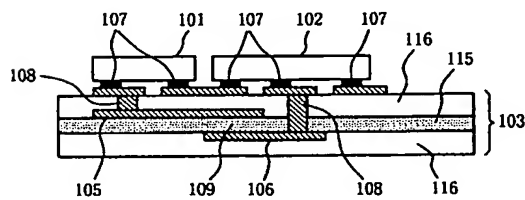
【図 6】



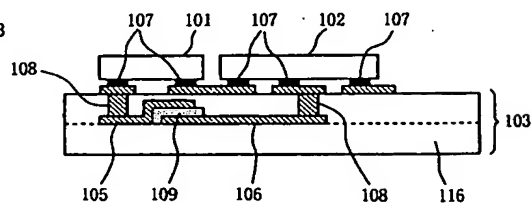
【図 7】



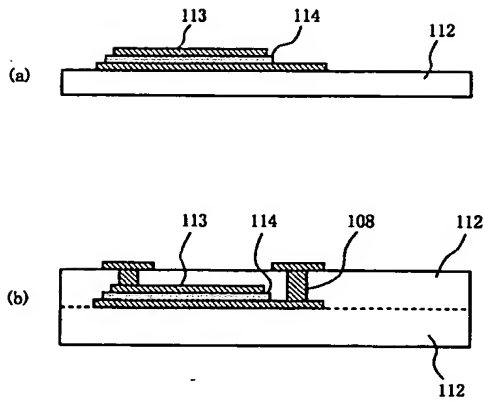
【図 8】



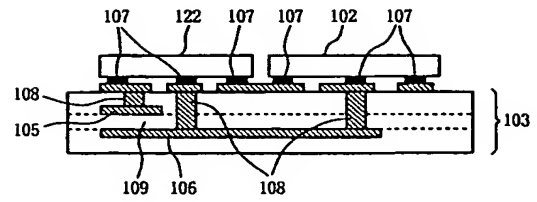
【図 9】



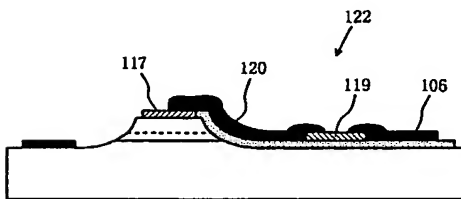
【図 10】



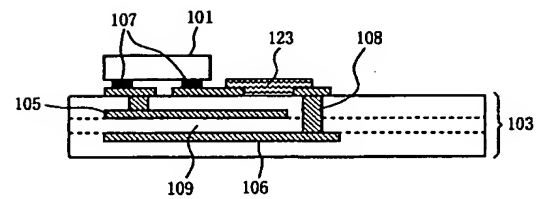
【図 11】



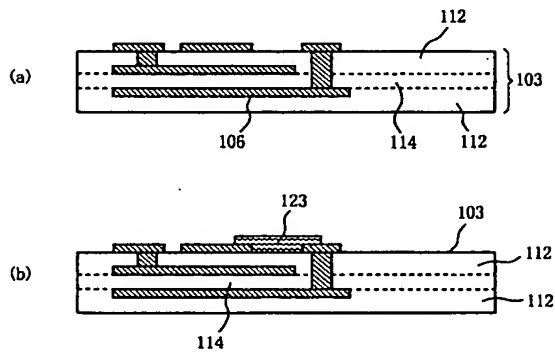
【図 12】



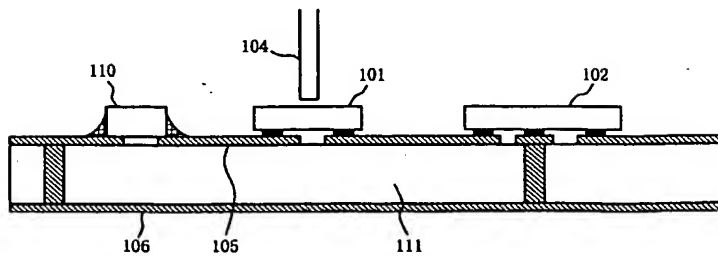
【図 13】



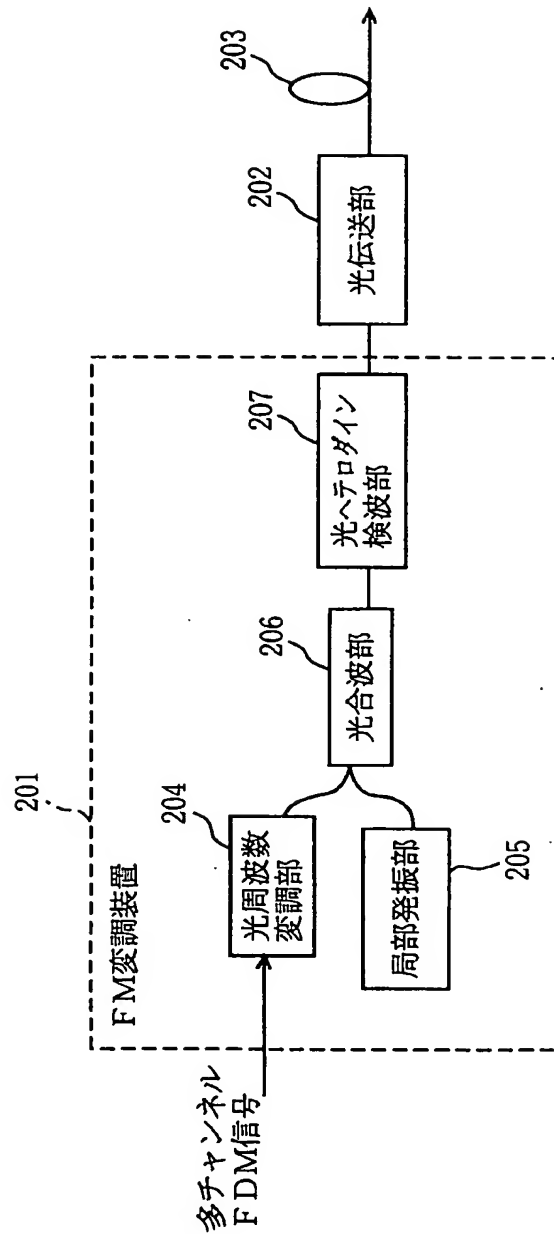
【図 14】



【図 16】



【図15】



フロントページの続き

(51) Int. Cl. 7

H 0 4 B 10/06

10/02

H 0 5 K 1/18

3/46

識別記号

F I

テームト (参考)

(72) 発明者 小林 正樹  
神奈川県横浜市港北区綱島東四丁目 3 番 1  
号 松下通信工業株式会社内  
(72) 発明者 藤田 昭一  
石川県金沢市彦三町二丁目 1 番 45 号 株式  
会社松下通信金沢研究所内

F ターム(参考) 5E336 AA04 BB03 CC53 CC55 CC56  
CC57 CC58 GG11  
5E346 FF34 FF45 HH06 HH31  
5F088 AA03 AA05 BA02 BA20 BB01  
JA03 JA09 JA10 JA14 JA20  
KA10  
5K002 AA02 AA03 AA07 BA05 CA01  
CA07 CA15 CA16

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

**BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☐ FADED TEXT OR DRAWING
- ☐ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☐ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☒ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**